

4

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-63254

(43) 公開日 平成5年 (1993) 3月12日

(51) Int. Cl. ⁵

H01L 43/08

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示図所

Z 7342-4M

審査請求 未請求 請求項の数8 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平3-244448

(22) 出願日 平成3年 (1991) 8月29日

(71) 出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(72) 発明者 越村 正己

埼玉県秩父郡横瀬町大字横瀬2270番地 三菱マテリアル株式会社セラミックス研究所内

(72) 発明者 宮崎 照宣

宮城県仙台市西ノ平2丁目11番5号

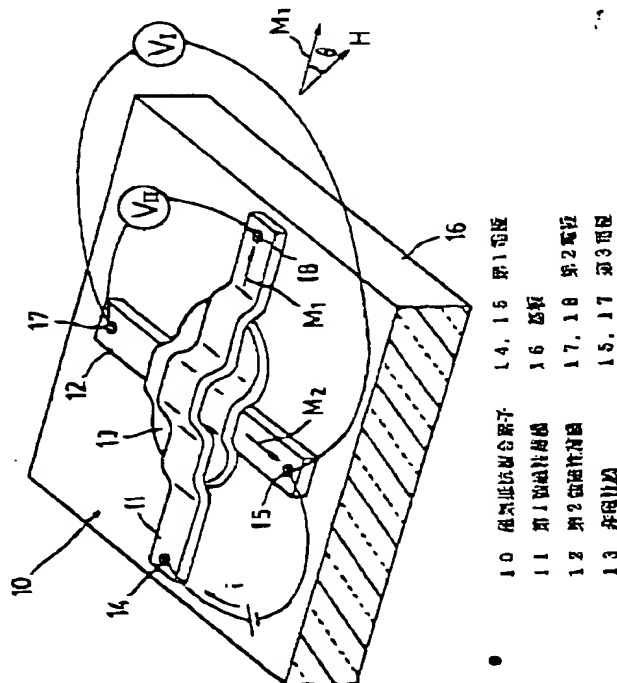
(74) 代理人 弁理士 須田 正彦

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗複合素子

(57) 【要約】

【目的】 室温における抵抗変化率 ($\Delta R/R$) が2%以上であって電極を選択することにより広い磁場範囲において良好な感度を得られ、しかも弱磁場における磁場方向に対する感度を容易に検出でき、構造が簡単で小型化し得る。

【構成】 第1強磁性薄膜11と第2強磁性薄膜12とを薄い絶縁層を含む非磁性膜13を挟んで接合し、これにより生じる強磁性トンネル接合を利用した磁気抵抗複合素子10に關し、強磁性薄膜11、12はそれぞれの磁化容易軸 M_1 、 M_2 が互いに直交するように配置して設けられ、第2強磁性薄膜はその磁化容易軸方向の保磁力が第1強磁性薄膜のそれより小さくかつ強磁性磁気抵抗効果を有する。第1強磁性薄膜は保磁力が大きなCo元素を主成分とし、第2強磁性薄膜は電子と磁気モーメントとの相互作用が大きなFe、Ni、Co元素のうち少なくとも2種以上含む。



(2)

特開平5-63254

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1強磁性薄膜(11)と第2強磁性薄膜(12)とを薄い絶縁層を含む非磁性膜(13)を挟んで接合し、これにより生じる強磁性トンネル接合を利用した磁気抵抗素子において、

前記第1及び第2強磁性薄膜(11, 12)はそれぞれの磁化容易軸(M_1, M_2)が互いに直交するように配向して設けられ、

前記第2強磁性薄膜(12)はその磁化容易軸方向の保磁力が前記第1強磁性薄膜(11)の磁化容易軸方向の保磁力より小さくかつ強磁性磁気抵抗効果を有することを特徴とする磁気抵抗複合素子。

【請求項2】 第1強磁性薄膜(11)の磁化容易軸方向の保磁力が第2強磁性薄膜(12)の磁化容易軸方向の保磁力より2倍以上大きい請求項1記載の磁気抵抗複合素子。

【請求項3】 第1強磁性薄膜(11)がCo元素を20at%以上含む強磁性材料により構成され、第2強磁性薄膜(12)がFe, Ni, Co元素のうち少なくとも2種以上含むCo元素の含有量が40at%以下の強磁性材料により構成された請求項1記載の磁気抵抗複合素子。

【請求項4】 非磁性膜(13)の全部が絶縁層である請求項1記載の磁気抵抗複合素子。

【請求項5】 非磁性膜(13)の一部が絶縁層である請求項1記載の磁気抵抗複合素子。

【請求項6】 非磁性膜(13)がAl層と絶縁層のAl₂O₃層により構成された請求項4記載の磁気抵抗複合素子。

【請求項7】 絶縁層のAl₂O₃層がAl層の表面を酸化させて形成された請求項6記載の磁気抵抗複合素子。

【請求項8】 第1及び第2強磁性薄膜(11, 12)がそれぞれストライプ状に形成され、かつ両薄膜(11, 12)の長手方向が互いに直交するように薄い絶縁層を含む非磁性膜(13)を挟んで両薄膜(11, 12)が接合され、

前記第1強磁性薄膜(11)の一端と前記第2強磁性薄膜(12)の一端に両薄膜に一定電流を流すための第1電極(14, 15)がそれぞれ設けられ、

前記第1強磁性薄膜(11)の他端と前記第2強磁性薄膜(12)の他端に両薄膜の強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果を検出するための第2電極(17, 18)がそれぞれ設けられ、

前記第2強磁性薄膜(12)の両端の前記電極(15, 17)が薄膜(12)の強磁性磁気抵抗効果を検出するための第3電極となる請求項1記載の磁気抵抗素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は磁気エンコーダ、磁気ヘッド、磁気バブル検出器等の感磁部に適した磁気抵抗素子に関する。更に詳しくは強磁性磁気抵抗効果と強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果を併用して磁気信号を検出する磁気抵抗複合素子に関するものである。

2

【0002】

【従来の技術】 図10に示すように、この種の感磁部に用いられる磁気抵抗素子1は、単層の磁気抵抗効果をする強磁性薄膜を一定偏のストライプ状に加工した後、その長手方向(y方向)の両端に電極2, 3を形成して作られる。電極2, 3に一定の電流を流し、素子1の偏方向(x方向)に検出すべき磁場を与えたときの電極2, 3間の電圧に基づいて算出された抵抗値から磁場が検出される。図11に示すように、従来の磁気抵抗素子

10は電流の流れる方向に直交する磁場の大きさによって抵抗変化率($\Delta R/R$)が最大2~7%変化する特性を有する。一方、2つの強磁性薄膜を薄い絶縁層を挟んで接合した素子において、強磁性薄膜間に一定のトンネル電流を流し、この状態で強磁性薄膜の膜面に平行に異なる磁場を与えたときの抵抗の変化により、この素子に新しい磁気抵抗効果があることが報告されている(S. Maekawa and U. Gafvert, IEEE Trans. Magn., MAG-18(1982) 707)。そしてこの報告に基づいて、磁性層に異方性的磁気抵抗効果が小さく、強磁性トンネル効果を分離し易い、Fe系合金を用いた磁気抵抗素子が提案されている(中谷、北田; 日本金属学会秋期大会公報摘要, 364 (1990))。この磁気抵抗素子は、2層の磁性層の保磁力を異なる値にするために、FeにC及びRuをそれぞれ2at%程度添加し、絶縁層としてAl₂O₃を用いる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、前者の強磁性磁気抵抗素子は、図11の磁気抵抗曲線Aに示すように弱磁場範囲Bにおける抵抗変化率の変化が小さく感度が良くない不具合があった。また曲線Aがゼロ磁場を中心にしてほぼ左右対称であって、磁場方向に対する極性がないため、従来の磁気抵抗素子はその動作点をゼロ磁場ではなく、図の矢印Cに示す付近に偏倚させて用いられる。この動作点を偏倚させるために従来より磁性層の近くにバイアス用の磁石を設けているが、この方法ではバイアス用磁石の分だけスペースを要し、構造が複雑化し小型化できないとともにコスト高になる問題点があった。また一般に磁気抵抗素子は実用上2%以上の抵抗変化率を必要とするのに対して、後者の強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗素子は、磁気抵抗効果が十分大きくないため、図12に示すように室温での抵抗変化率が高々1%程度と小さく実用的でなかった。またこの素子は可逆的に特性が変化する磁場範囲Dが狭く、磁気抵抗素子として安定して利用しにくい問題点があった。

【0004】 本発明の目的は、室温における抵抗変化率($\Delta R/R$)が2%以上であって電極を選択することにより強磁場においてもまた弱磁場においても良好な感度が得られる磁気抵抗複合素子を提供することにある。また本発明の別の目的は、電極を選択することにより弱磁場における磁場方向に対する極性を容易に検出でき、そ

の動作点を偏倚させる必要がなく、構造が簡単で小型化し得る磁気抵抗複合素子を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】図1に示すように、本発明は第1強磁性薄膜11と第2強磁性薄膜12とを薄い絶縁層を含む非磁性膜13を挟んで接合し、これにより生じる強磁性トンネル接合を利用した磁気抵抗素子の改良である。その特徴ある構成は、前記第1及び第2強磁性薄膜11、12はそれぞれの磁化容易軸 M_1 、 M_2 が互いに直交するように配置して設けられ、第2強磁性薄膜12はその磁化容易軸方向の保磁力が第1強磁性薄膜11の磁化容易軸方向の保磁力より小さくかつ強磁性磁気抵抗効果を有することにある。

【0006】以下、本発明を詳述する。図1に示すように、本発明の磁気抵抗複合素子10は、第1強磁性薄膜11と第2強磁性薄膜12とは薄い絶縁層を含む非磁性膜13を挟んで接合される。これら2つの強磁性薄膜11、12はそれぞれの磁化容易軸 M_1 、 M_2 が互いに直交するように配置して設けられ、かつ第2強磁性薄膜12はその磁化容易軸方向の保磁力が第1強磁性薄膜11の磁化容易軸方向の保磁力より小さくかつ強磁性磁気抵抗効果を有する。薄い絶縁層を含む非磁性膜13を挟んで強磁性トンネル接合した強磁性薄膜11及び12の各一端に電極14及び15がそれぞれ設けられ、各他端に電極18及び17がそれぞれ設けられる。図2は磁気抵抗複合素子10の電気回路構成図であり、図3はその等価回路である。図2において、薄膜11のうち電極18側の薄膜及び薄膜12のうち電極17側の薄膜は電流が実質的に流れないため、電圧は発生しないものとなされ、図3の回路が得られる。図1及び図3に示す電極14から電極15に電流 i を流し、両電極17及び15間の電圧 V_1 から薄膜12の強磁性磁気抵抗効果を、また両電極18及び17間の電圧 V_{11} から両薄膜11及び12の強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果をそれぞれ検出する。電極14から電極15に流れるトンネル電流は2つの強磁性薄膜11、12の磁化の向きとの相互関係によって異なり、磁化の向きが変わると抵抗値が変化する磁気抵抗効果が見れる。図4に薄膜12の強磁性磁気抵抗効果に基づいた磁気抵抗曲線を示し、図5に両薄膜11及び12の強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果に基づいた磁気抵抗曲線を示す。

【0007】強磁性磁気抵抗効果と強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果について図6～図8に基づいて説明する。図6に示すように、ゼロ磁場($H=0$)で強磁性薄膜11、12の磁化の向きが直交するときに電極14から電極15に電流 i を流したときの強磁性磁気抵抗効果による抵抗値 R_1 が R_{10} (図4のJ点)であって、強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果による抵抗値 R_{11} が R_{110} (図5のS点)であるとする。図7に示すように、飽和磁場($H=+H_K$)で強磁性薄膜11、12の

磁化の向きがそれぞれ同一方向になると、強磁性磁気抵抗効果による抵抗値 R_1 は $[R_{10}-\Delta R_1]$ (図4のK点)になり、強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果による抵抗値 R_{11} は $[R_{110}-\Delta R_{11}/2]$ (図5のT点)となる。また図8に示すように、飽和磁場($H=-H_K$)で強磁性薄膜11、12の磁化の向きが互いに反対方向になると、強磁性磁気抵抗効果による抵抗値 R_1 は $[R_{10}+\Delta R_1]$ (図4のL点)になり、強磁性トンネル接合による磁気抵抗効果による抵抗値は $[R_{110}+\Delta R_{11}/2]$ (図5のU点)となる。ここで飽和磁場とは保磁力の小さな強磁性薄膜12の磁化の向きが磁場方向に一致するときの最小磁場をいう。この飽和磁場より大きな磁場($H \leq -H_K$ 又は $H \geq +H_K$)になっても抵抗値 R_1 及び R_{11} は変わらない。換言すれば、図5の符号Eは磁場により抵抗変化率が変化する有効磁場範囲($-H_K \leq H \leq +H_K$)を示し、符号Dは保磁力の小さな強磁性薄膜12の磁化の向きが変わり、かつ保磁力の大きな強磁性薄膜11の磁化の向きが変わらない外部磁場の範囲であって、磁気抵抗素子として安定な磁場範囲を示す。

【0008】本発明の保磁力の小さい第2強磁性薄膜12は従来の強磁性の磁気抵抗効果を有する材料、即ち電子と磁気モーメントとの相互作用の大きな材料により構成される。例示すればFe、Co、Ni元素のうち少なくとも2種以上含み、同時にCo元素の含有量が40at%以下の強磁性材料が挙げられる。また保磁力が大きい第1強磁性薄膜11はCoを主成分とする材料により構成される。例示すればCo、Co-Sm、Co-Cr-Fe、Co-Pt、Co-Pt-Ni、Co-Pt-V等のCo元素を20at%以上含む強磁性材料が挙げられる。

【0009】強磁性薄膜11及び12に挟まれる層は、数10オングストローム程度の均一な絶縁層を含む非磁性膜13である。絶縁層としては Al_2O_3 層、 NiO 層等が挙げられる。この層は電子がスピンを保持してトンネルするために非磁性でなければならない。非磁性膜の全部が絶縁層であっても、その一部が絶縁層であってもよい。一部を絶縁層にしてその厚みを極小にすることにより、磁気抵抗効果を更に高めることができる。非磁性膜の一部が絶縁層である例としては、Al膜の一部を酸化させて形成される Al_2O_3 層が挙げられる。

【0010】2つの強磁性薄膜11、12の磁化容易軸 M_1 、 M_2 を互いに直交させるための方法は、図1に示すように強磁性薄膜11、12をイオンビーム蒸着法、真空蒸着法、スパッタリング蒸着法等により形成するとき、エッチングにより、或いは基板にマスクをかぶることにより、ストライプ状にこれら2つの長手方向が互いに直交するように磁場中でそれぞれ形成し、蒸着時の磁場の方向を薄膜の長手方向にする。この方法で作られた強磁性薄膜11、12は各磁化方向が安定な状態とな

5.

り、電極17、18間の電圧に基づいて算出された抵抗値から、図5に示すようなヒステリシス現象が殆どみられない磁気抵抗曲線となる。薄膜11及び12を作る順序としては、図1に示すように、先ずガラス等の基板16上に第2強磁性薄膜12をストライプ状にかつその長手方向が磁化容易軸 M_2 になるように形成し、第2強磁性薄膜12の中央部に薄い絶縁層を含む非磁性膜13を形成し、この非磁性膜13上に第2強磁性薄膜12と長手方向同士が直交するように第1強磁性薄膜11をストライプ状にかつその長手方向が磁化容易軸 M_1 になるように形成する。或いは第1強磁性薄膜11を先に形成し、次いで非磁性膜13を形成し、最後に第2強磁性薄膜12を形成してもよい。

【0011】また、2つの強磁性薄膜11、12間に生じる磁気抵抗効果のみを有効に検出するために、第1強磁性薄膜11の一端と第2強磁性薄膜12の一端に両薄膜に一定電流を流すための第1電極14、15をそれぞれ設け、第1強磁性薄膜11の他端と第2強磁性薄膜12の他端に両薄膜間に印加された電圧を検出するための第2電極17、18をそれぞれ設けることが好ましい。更に強磁性薄膜12の両端の電極15及び17を強磁性磁気抵抗効果のみを有効に検出するための電極とすることが好ましい。

【0012】

【作用】第2強磁性薄膜12として、電子と磁気モーメントとの相互作用の大きなFe、Co、Ni元素を2種以上含む合金を強磁性抵抗効果を有する材料に用いることにより、第一に電極15及び17で検出される抵抗変化率 $(\Delta R_1/R_1)$ は図4に示すように2~7%になる。また第二にこの薄膜における電子のスピンは上記磁性原子の有する磁気モーメントとの相互作用を反映して高まると推定される。強磁性トンネル効果は電子がスピンを保持して絶縁層をトンネルすることにより生じる現象であるため、高められた電子のスピンにより強磁性トンネル効果は顕著に現れ、電極17及び18で検出される抵抗変化率 $(\Delta R_{11}/R_{11})$ は図5に示すように従来の2倍以上の2~3%の実用域まで向上する。また第1強磁性薄膜11として、Coを主成分とする保磁力の大きな材料を用いて、両薄膜11及び12の磁化容易軸方向の保磁力を2倍以上異ならせるようにすれば、図5の磁気抵抗曲線に示すように有効磁場範囲Eの2倍以上の安定な磁場範囲Dが室温において得られる。

【0013】更に図1及び図3に示す電極18及び15で電圧を検出するようにすれば、薄膜11、12及び非磁性膜13の各抵抗値に応じて、図9に示すように主として一方磁性のみ出力が現れる磁気抵抗複合素子が得られる。

【0014】

【発明の効果】以上述べたように、強磁性トンネル接合を利用した従来の磁気抵抗素子の抵抗変化率 $(\Delta R/$

(4)

特開平5-63254

6

R)が最も高く1%であったものが、本発明の磁気抵抗複合素子によれば電極17及び18を用いて室温において2%以上の実用域の抵抗変化率が得られ、しかも一方の強磁性薄膜にCoを主成分とする保磁力の大きな材料を用いて、他方の強磁性薄膜の保磁力を小さくすることにより、広くて安定した有効磁場範囲が室温において得られる。特に、本発明の磁気抵抗複合素子は電極17及び18では弱磁場において、また電極17及び15では強磁場において、それぞれ抵抗変化率の変化が大きい10ため、利用する磁場の程度により電極を選択することにより、磁場の変化を感度よく検出することができる。弱磁場における感度が高いことから、従来の磁気抵抗素子と異なり動作点を偏倚させるために磁石を用いてバイアス磁場を与える必要がなく、構造が簡単で小型化し得る利点がある。これにより、磁気エンコーダ、磁気ヘッド、磁気バブル検出器等の磁気を検出する素子として好適に利用することができる。

【0015】

【実施例】次に本発明の実施例を説明する。図1に示すように、ガラス基板16の上に真空蒸着法により厚さが100nmのパーマロイ薄膜(82at%Ni-Fe)12を作製した。これをエッチングにより幅1mm、長さ18mmのストライプ状に形成した。その際磁場を与えて磁化容易軸 M_2 がストライプの長手方向になるようにした。次いでこのパーマロイ薄膜12の中心部に厚さ15nmで直径2.5mmのアルミニウム膜13を真空蒸着により形成させた。このアルミニウム膜13を空气中に30時間放置して表面を酸化させ、薄い Al_2O_3 からなる絶縁層を形成した。更にこの $Al-Al_2O_3$ 層の30上にパーマロイ膜と長手方向同士が直交するように、厚さが100nmで幅1mm、長さ18mmのストライプ状のCo膜11を形成した。このときのCo膜の磁化容易軸 M_1 はストライプの長手方向となるようにした。Co膜11とパーマロイ薄膜12の各一端に電極14及び15を設け、それぞれ他端に電極17及び18を設けて磁気抵抗複合素子10を得た。

【0016】温度25℃において、基板16の表面に平行にかつ磁化容易軸 M_1 に対して角度 θ だけ偏向して磁場Hを磁気抵抗複合素子10に与え、電極14から電極15に一定電流を流し、電極17及び15によりパーマロイ薄膜12間の電圧を測定し、同時に電極17及び18によりCo膜11とパーマロイ薄膜12間の電圧を測定した。この電流値と電圧値より素子10の抵抗を算出した。磁場Hの強さを変えたときの前者の抵抗変化率 $(\Delta R_1/R_1)$ は $\theta=0$ において最大の7%になり、後者の抵抗変化率 $(\Delta R_{11}/R_{11})$ は同様に $\theta=0$ において最大の2.7%の極めて高い値になった。図5の範囲Eが磁場により $\Delta R_{11}/R_{11}$ が変化する有効磁場範囲であり、範囲Dが保磁力の大きなCo膜がその磁化の向きを変えない磁気抵抗素子として安定な磁場範囲である。50

(5)

特開平5-63254

磁場Dを越えた磁場が磁気抵抗複合素子に与えられると、C₀膜の磁化は磁場方向に向くようになり、 $\Delta R_{II}/R_{II}$ の値は小さくなる。

【0017】図5に示すように、この安定な磁場電圧Dで $\Delta R_{II}/R_{II}$ を測定してみたところ、この磁気抵抗曲線からこの素子10は弱磁場での感度が高く、しかも曲線はゼロ磁場に関して非対称であるため、特別にバイアス磁場を与えなくても磁場Hの方向を検出することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の磁気抵抗複合素子の斜視図。

【図2】本発明の磁気抵抗複合素子の電気回路構成図。

【図3】その尋常回路構成図。

【図4】その第2強磁性薄膜の強磁性磁気抵抗曲線図。

【図5】その第1及び第2強磁性薄膜の強磁性トンネル接合による強磁性磁気抵抗曲線図。

【図6】その磁気抵抗複合素子の各磁化の向きが互いに直交する状態を示す要部平面図。

【図7】同じく磁化の向きが互いに同一方向の状態を示す要部平面図。

す要部平面図。

【図8】同じく磁化の向きが互いに反対方向の状態を示す要部平面図。

【図9】その電圧18及び15により検出される磁気抵抗曲線図。

【図10】従来例の強磁性磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗素子の斜視図。

【図11】その磁気抵抗曲線。

【図12】従来例の強磁性トンネル接合を利用した磁気抵抗素子の磁気抵抗曲線。

【符号の説明】

10 磁気抵抗複合素子

11 第1強磁性薄膜

12 第2強磁性薄膜

13 非磁性膜

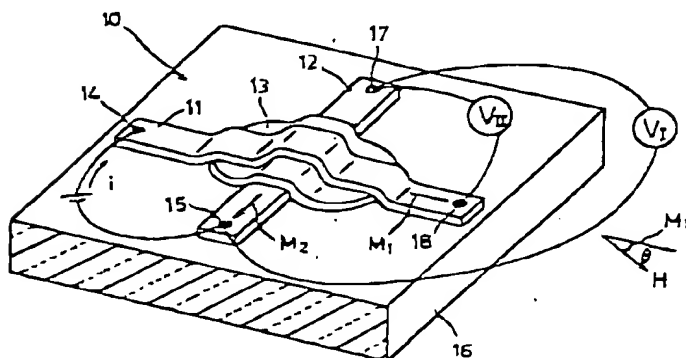
14, 15 第1電極

16 基板

17, 18 第2電極

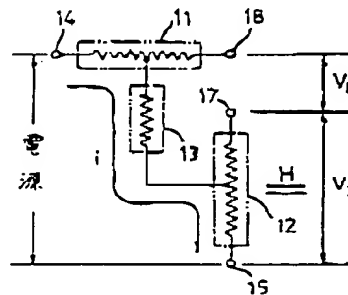
15, 17 第3電極

【図1】

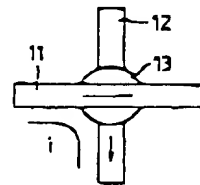


10 磁気抵抗複合素子
11 第1強磁性薄膜
12 第2強磁性薄膜
13 非磁性膜
14, 15 第1電極
16 基板
17, 18 第2電極
15, 17 第3電極

【図2】

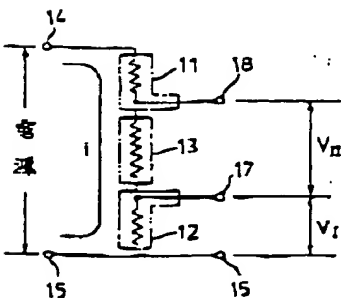


【図6】

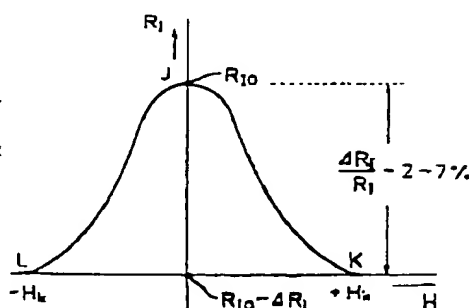


$$\begin{aligned} H &= 0 \\ R_I &= R_{I0} \\ R_{II} &= R_{II0} \end{aligned}$$

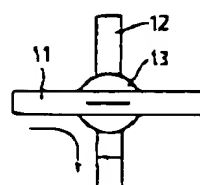
【図3】



【図4】



【図8】



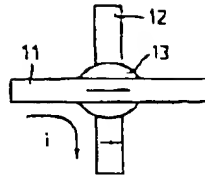
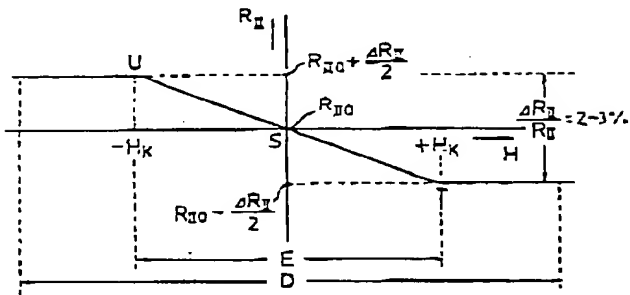
$$\begin{aligned} H &= H_k \\ R_I &= R_{I0} - \Delta R_I \\ R_{II} &= R_{II0} + \frac{\Delta R_{II}}{2} \end{aligned}$$

(6)

特開平5-63254

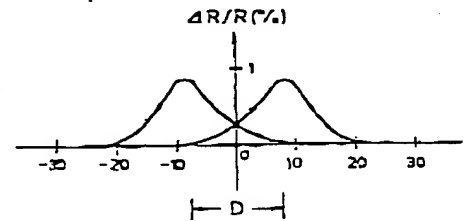
【図5】

【図7】



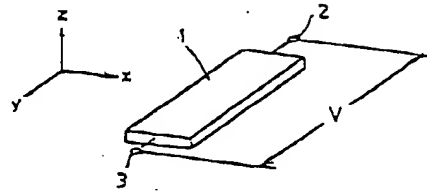
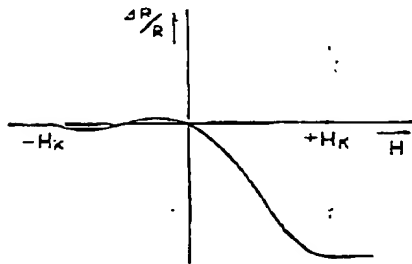
$$\begin{aligned} H &= -H_K \\ R_I &= R_{I0} - \Delta R_I \\ R_{II} &= R_{II0} - \frac{\Delta R_{II}}{2} \end{aligned}$$

【図12】



【図9】

【図10】



【図11】

